

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Pascal CHEVALIER, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/083,127

EXAMINER:

February 27, 2002

FOR: METHOD AND DEVICE FOR THE ESTIMATION OF A PROPAGATION CHANNEL FROM ITS STATISTICS

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
FRANCE	0102653	February 27, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

This Page Blank (uspto)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 JAN. 2002

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 27 FEV 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0102653 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 27 FEV. 2001 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ■ Isabelle DUDOUIT THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL CEDEX ■	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 62410			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF D'ESTIMATION D'UN CANAL DE PROPAGATION A PARTIR DE SES STATISTIQUES.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THOMSON-CSF	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 5 2 0 5 9 0 2 4	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	173, boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 27 FEV 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0102653 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			62410		
6 MANDATAIRE					
Nom			DUDOUT		
Prénom			Isabelle		
Cabinet ou Société			THOMSON-CSF		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			8325		
Adresse	Rue	13, avenue du Président Salvador Allende			
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex		
N° de téléphone (facultatif)		01 41 48 45 17			
N° de télécopie (facultatif)		01 41 48 45 01			
Adresse électronique (facultatif)					
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)			
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):			
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Isabelle DUDOUT			VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI C. TRAN		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne un procédé d'estimation d'un canal de propagation à partir de ses statistiques.

Elle trouve son application, par exemple dans les réseaux de téléphonie mobile de troisième génération communément appelée UMTS.

5 Elle peut aussi s'appliquer aux récepteurs multi-capteurs pour des fonctions de métrologie, d'augmentation de capacité ou encore de radio-surveillance.

Dans un système de transmission, notamment par ondes radio, un
10 émetteur émet un signal dans un canal de transmission à destination d'un récepteur. Le signal émis subit des fluctuations d'amplitude et de phase dans le canal de transmission, le signal reçu par le récepteur est constitué de copies temporellement décalées et modifiées du signal émis. Les fluctuations du signal et les décalages génèrent ce que l'Homme du métier appelle
15 l'interférence intersymbole. L'interférence provient notamment de la loi de modulation employée pour la transmission et également de la propagation de multi-trajets dans le canal.

Le signal reçu est généralement issu d'un grand nombre de réflexions dans le canal, les différents trajets empruntés par le signal émis
20 conduisant à des retards variés au niveau des récepteurs. Ainsi la réponse impulsionnelle du canal représente l'ensemble des fluctuations auxquelles est soumis le signal émis.

L'apparition prochaine des réseaux UMTS contraint les équipementiers à adapter les outils de métrologie d'augmentation de capacité ou de radio surveillance à ce nouveau standard. Les performances
25 de ces outils reposent en partie sur une estimation de l'effet engendré par le milieu de propagation (le canal radio) sur les signaux émis par les différentes entités du réseau (station de base, mobile,...). Cette opération est appelée estimation du canal de propagation. Elle permet notamment de contrecarrer
30 l'effet de la propagation pour améliorer la qualité du signal reçu (égalisation)

ou de faire ressortir des informations concernant le milieu de propagation (directions d'arrivée, retards des trajets) afin de mettre en œuvre des traitements spatiaux, tels que la goniométrie.

Modélisation

5 Signal émis

La composition du signal UMTS émis par une station de base vers les mobiles (liaison descendante) peut être modélisée par exemple selon le schéma donné à la figure 1.

Le signal $s(t)$ est constitué de plusieurs trames, chaque trame
10 comportant un nombre de slots donné de durée fixée. Par exemple une trame de 10 ms comporte 15 slots.

La figure 2 schématise un modulateur pour la liaison descendante (station de base vers les mobiles).

Les symboles Q-PSK (Quadrature Phase Shift keying en anglo-
15 saxon), notés $b_q(0), \dots, b_q(N_s-1)$ destinés à un utilisateur q sont d'abord multipliés par un facteur de puissance μ_q , avec N_s le nombre de symboles envoyés à cet utilisateur. Chaque symbole est ensuite modulé par une séquence, appelée séquence d'étalement (désignée par le terme anglo-saxon spreading), notée c_q de ± 1 , et de taille N_q (facteur d'étalement). Ainsi,
20 on forme à partir du symbole $b_q(l)$ la suite $\mu_q b_q(l) c_q(0), \dots, \mu_q b_q(l) c_q(N_q-1)$, l étant l'indice du symbole.

Les séquences c_q sont orthogonales, de sorte que :

$$\sum_{n=0}^{\min(N_q, N_p)} c_q(n) c_p(n) = N_q \quad \text{si } p = q$$

$$= 0 \quad \text{sinon}$$

Les suites ainsi formées sont alors multipliées terme à terme par
25 une suite de symboles, $(\pm 1 \pm i)$, appelée code d'embrouillage s (scrambling). Cette suite est périodique, de période trame, et est construite de façon à simuler un signal aléatoire.

Le signal résultant à émettre s'écrit donc :

$$y(n) = \sum_{q=0}^Q \mu_q b_q \left(\left\lfloor \frac{n}{N_q} \right\rfloor \right) c_q(n[N_q]) s(n)$$

avec $s(n)$ embrouillage ou scrambling à un instant n donné

où $\lfloor \cdot \rfloor$ désigne l'opérateur « partie entière » et $[\cdot]$ l'opérateur « modulo ». Ceci

5 peut encore s'écrire :

$$y(n) = \sum_{q=0}^Q \mu_q d_q(n) \quad (1)$$

avec :

$$d_q(n) = b_q \left(\left\lfloor \frac{n}{N_q} \right\rfloor \right) c_q(n[N_q]) s(n) \quad (2)$$

Ce signal passe à travers un filtre d'émission puis est diffusé par
10 la station de base à l'attention des mobiles.

Signal reçu par un mobile

Le signal est reçu sur un réseau de capteurs après avoir traversé le canal radio. Après échantillonnage, il peut se mettre sous la forme :

$$\mathbf{x}(n) = \sum_{k=0}^{L-1} y(n-k) \mathbf{h}(k) + \mathbf{b}(n) \quad (3)$$

15 * où les caractères en gras désignent des vecteurs, et

* L correspond à l'étalement du canal exprimé en nombre de chips, les indices n et k à des chips.

* $\mathbf{x}(n)$ représente :

• lorsque l'on échantillonne au rythme chip, $\mathbf{x}(n)$ est le vecteur des signaux
20 reçu à l'instant n sur chaque capteur,

- lorsque l'on suréchantillonne à un rythme correspondant à un chip/2, $x(n)$ est le vecteur des signaux reçus aux instants n et $n+\text{chip}/2$.
- $h(k)$ est le canal multi-capteurs, et
- $b(n)$ est un bruit additif regroupant les interférences provenant des autres stations de base et le bruit thermique.

Signal reçu par une station

La figure 3 schématise une possibilité de modéliser la liaison montante (mobiles vers une station de base) détaillée après dans le cadre du procédé selon l'invention.

10 **Méthodes connues**

De nombreuses méthodes sont connues pour estimer la réponse d'un canal de propagation.

Par exemple, une méthode classique procède par corrélation du signal reçu, avec des versions décalées d'une séquence d'apprentissage connue du récepteur, dont seules les étapes nécessaires à la compréhension de l'invention sont rappelées ci-après.

Pour l'utilisateur 0, par exemple, l'estimation de la réponse impulsionnelle du canal est faite, classiquement, en corrélant des versions décalées du signal reçu $x(n+k)$ (décalé de l'échantillon k), par la séquence d'apprentissage :

$$\hat{h}(k) = \frac{1}{N_0 P} \sum_{n=0}^{N_0 P} s(n)^* c_0(n[N_0]) b_0\left(\left\lfloor \frac{n}{N_0} \right\rfloor\right)^* x(n+k) \quad (4)$$

où P représente le nombre de symboles d'apprentissage, et

$N_0 P$ le nombre de chips d'apprentissage, ou nombre de chips pilote

En regroupant les équations (1), (2), (3) et (4), l'expression du canal estimé détaillée correspond à (5) :

$$\begin{aligned}\hat{h}(k) = & \sum_{l=0}^L h(l) \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_0(n+k-l) d_0^*(n) \\ & + \sum_{q=1}^Q \mu_q \sum_{l=0}^L h(l) \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_q(n+k-l) d_0^*(n) \\ & + \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} b(n+k) d_0^*(n)\end{aligned}$$

Les propriétés des séquences $d_q(n)$ font que (6) :

$$\begin{aligned}\frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_0(n+k-l) d_0^*(n) &= 1 \quad \text{si } k=l \\ &\approx \frac{1}{\sqrt{N_o P}} \quad \text{sinon} \\ \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_q(n+k-l) d_0^*(n) &\approx \frac{1}{\sqrt{N_o P}}\end{aligned}$$

Ainsi, l'estimée de la réponse impulsionnelle du canal s'exprime en fonction notamment de la réponse du canal $h(k)$ et de trois termes représentatifs des interférences existantes (7) :

$$\begin{aligned}\hat{h}(k) = & h(k) \\ & + \sum_{l=0, l \neq k}^L h(l) \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_0(n+k-l) d_0^*(n) \\ & + \sum_{q=1}^Q \mu_q \sum_{l=0}^L h(l) \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} d_q(n+k-l) d_0^*(n) \\ & + \frac{1}{N_o P} \sum_{n=0}^{N_o P-1} b(n+k) d_0^*(n)\end{aligned}$$

- 10
- où Q est le nombre d'utilisateurs du canal de propagation,
 - l, k des indices correspondant à des chips, et
 - n l'indice de l'instant considéré

Trois types d'interférences venant perturber l'estimation sont ainsi identifiées :

- 15
- le premier terme correspond aux auto-corrélations de la séquence d_0 ,

- le deuxième terme à l'interférence des autres utilisateurs, et
- le troisième terme représente la contribution du bruit extérieur et thermique.

Cette technique est performante lorsque la séquence
5 d'apprentissage est longue et lorsque le canal de propagation n'évolue pas ou peu au cours du temps. Dans le cas d'une variation rapide du canal de propagation, il devient nécessaire de l'estimer sur des durées assez courtes.

Une autre technique connue sous la désignation « des moindres carrés » permet d'améliorer la méthode précédente en s'affranchissant des
10 auto-corrélations de la séquence d'apprentissage.

Le brevet FR 2 762 164 divulgue un procédé pour estimer la réponse impulsionnelle d'un canal de transmission, qui utilise l'estimation de la matrice de covariance spatio temporelle Γ de la réponse impulsionnelle du canal. Le procédé considère que le bruit d'estimation est blanc, de
15 puissance B et indépendant du canal. Dans ce cas, la matrice Γ est estimée par $\hat{\Gamma} = \hat{\Delta} - B I$ avec Δ la matrice de covariance spatio temporelle du canal estimé. Si B est inconnu, il peut être estimé par la plus petite valeur propre de la matrice Δ estimée, il peut aussi être fixé à une valeur seuil. Une telle hypothèse convient parfaitement à un système, dans lequel chaque
20 utilisateur a un canal de propagation qui lui est dédié, par exemple le système GSM. D'autre part, la technique proposée concerne les récepteurs mono-capteurs.

Par contre une telle méthode ne convient plus pour des signaux incluant plusieurs utilisateurs, tel que l'UMTS, où le bruit n'est ni blanc, ni
25 indépendant du canal, notamment en raison de l'interférence multi-utilisateurs.

L'objet de la présente invention concerne un procédé pour estimer un canal de propagation à partir de ses statistiques, elles-mêmes estimées

en exprimant notamment le bruit à partir de la matrice de corrélation empirique des observations.

L'invention concerne un procédé pour estimer la réponse impulsionnelle h d'un canal de propagation dans un système comportant au moins un ou plusieurs capteurs. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins une étape d'estimation des statistiques du bruit additif résultant des interférences et du bruit thermique à partir des statistiques du signal reçu.

L'étape d'estimation de la matrice de covariance du bruit est par exemple réalisée à partir de la matrice de covariance empirique des observations R_x et du nombre de chips pilotes d'une séquence d'apprentissage transmise avec le signal, la matrice du bruit s'exprimant sous la forme

$$\frac{1}{N_0 P} \hat{R}_x$$

Le procédé est par exemple utilisé pour estimer la réponse impulsionnelle d'un canal de propagation dans le domaine de l'UMTS pour des liaisons montantes et/ou des liaisons descendantes entre une station de base et un ou plusieurs mobiles.

L'invention concerne aussi un dispositif de réception adapté pour estimer la réponse impulsionnelle d'un canal de propagation. Il est caractérisé en ce qu'il comporte un ou plusieurs capteurs de réception d'un signal, un moyen pour échantillonner le signal reçu, un moyen adapté à estimer le bruit à partir des statistiques du canal.

Le récepteur selon l'invention peut comporter un moyen adapté à estimer le bruit à partir de la matrice de covariance empirique des observations \hat{R}_x et du nombre de chips pilote d'une séquence d'apprentissage transmise avec le signal, la matrice du bruit s'exprimant

sous la forme

$$\frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x$$

Selon une variante de réalisation il comporte par exemple un moyen adapté à déterminer la réponse impulsionnelle du canal sous la forme

5

$$\tilde{\mathbf{H}}_m = \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x \right] \Delta^{-1} \hat{\mathbf{H}}_m$$

Le récepteur est par exemple utilisé dans le domaine de l'UMTS.

10

L'invention présente notamment comme avantage d'estimer un canal de propagation comportant plusieurs utilisateurs, pour lequel le bruit n'est ni blanc, ni indépendant.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit où sont proposés des exemples de mise en œuvre à titre illustratif, ceci en référence aux figures annexées qui représentent :

15

20

25

- La figure 1, un schéma représentant la composition du signal UMTS,
- La figure 2 la modélisation du signal pour une liaison descendante,
- La figure 3, un premier schéma de principe d'une première variante de mise en œuvre de l'invention,
- La figure 4 schématise un exemple de signal pour la liaison montante (entre une station mobile et une station de base),
- La figure 5, une deuxième variante de mise en œuvre de l'invention,
- La figure 6 des résultats comparatifs obtenus en utilisant différents procédés d'estimation.

Afin de mieux faire comprendre l'objet de la présente invention, la description qui suit donnée à titre illustratif et nullement limitatif est appliquée

pour estimer un canal de propagation dans le domaine de l'UMTS, notamment à partir de ses statistiques.

Sous le terme « statistique », on désigne la covariance spatio temporelle de la réponse impulsionnelle du canal.

- 5 Ce système fait appel à des signaux tels que décrits respectivement à la figure 1 pour une liaison descendante, c'est-à-dire le signal émis de la base vers des mobiles, et à la figure 5 pour une liaison montante correspondant à un signal émis d'un mobile vers la station.

- En appliquant au canal de propagation un modèle statistique
10 réaliste, reposant sur l'hypothèse que le canal de propagation est assimilable à un filtre à réponse impulsionnelle finie, il est possible d'améliorer les techniques d'estimation du canal existantes, en tenant compte de ses statistiques.

Modélisation du canal radio

- 15 Le canal radio peut être modélisé comme une somme de trajets, chacun étant caractérisé par un temps d'arrivée, une atténuation et un déphasage. La modélisation considérée dans le cadre de l'invention utilise l'hypothèse que l'atténuation et le déphasage d'un trajet évoluent rapidement par rapport à l'évolution des temps d'arrivée des différents trajets. Sous ces
20 hypothèses, le canal peut être représenté comme un processus aléatoire stationnaire, ce qui permet de dire que chaque réalisation du canal est régie par les mêmes statistiques (une réalisation désigne ici la valeur prise par le canal sur un slot donné i.e. H_m).

- Ainsi, pour un slot donné d'indice m , où m varie de 1 à M , par
25 exemple, le vecteur des coefficients des canaux échantillonnés correspondant à chaque capteur du récepteur est noté (8) :

$$H_m = [h_m(0)^H \ h_m(1)^H \ \dots \ h_m(L)^H]^H$$

Où l'exposant H correspond à la transposée hermitienne, L au nombre d'échantillons, m l'indice du slot du signal reçu.

Nous supposons que H_m reste constant pendant toute la durée du slot, mais que pour $m \neq m'$, $H_m \neq H_{m'}$.

De même, le canal est estimé à chaque slot m , et son estimée est notée \hat{H}_m . On utilise par exemple la méthode des corrélations successives
5 décalées connue de l'Homme du métier.

La réponse impulsionnelle du canal étant estimée pour l'ensemble des slots m du signal reçu, il est possible d'améliorer cette estimée \hat{H}_m , en mettant en œuvre des méthodes connues de l'Homme du métier.

L'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention, donné
10 à titre illustratif, fait appel à une estimation de Wiener, connue de l'Homme du métier et dont les principes ne seront pas détaillés. La méthode d'estimation de Wiener est par exemple décrite dans le livre intitulé "Fonctions Aléatoires" ayant pour auteurs A. Blanc-Lapierre, et B. Pichinbono, aux Editions Masson 1981. Toute autre méthode d'estimation
15 permettant d'améliorer l'estimée du canal peut être utilisée sans sortir du cadre de l'invention.

Estimation de Wiener du canal

L'estimation de Wiener du canal consiste à améliorer l'estimée \hat{H}_m à l'aide d'une transformation linéaire de \hat{H}_m . Cette transformation est
20 choisie de manière à minimiser l'erreur quadratique moyenne entre le vrai canal et l'estimée améliorée.

L'estimée améliorée de la réponse impulsionnelle du canal pour un slot m tient compte de la matrice de covariance du canal et de la matrice de covariance du canal estimé et s'écrit par exemple (9) :

25

Estimée améliorée de la réponse impulsionnelle du canal pour un slot m

$$\Gamma \Delta^{-1} \hat{H}_m$$

où

Γ représente la matrice de covariance du canal : $\Gamma = E[\mathbf{H}_m \mathbf{H}_m^H]$

avec \mathbf{H}_m le vecteur défini dans l'expression (8) qui reste constant ou pratiquement constant sur la durée du slot, et

5 Δ représente la matrice de covariance du canal estimé : $\Delta = E[\hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H]$

L'idée de l'invention consiste notamment à estimer la covariance du bruit d'estimation afin de la retrancher de la matrice de covariance du canal estimé Δ pour en déduire la matrice de covariance du canal Γ . A partir
10 de ces deux valeurs il est alors possible d'en déduire l'estimée améliorée de la réponse impulsionnelle du canal de propagation.

Le bruit d'estimation correspond à la différence entre le canal estimé $\hat{\mathbf{H}}_m$ et le canal réel \mathbf{H}_m . Ce bruit résulte notamment des interférences et des autres sources de bruit affectant le signal lors de la procédure
15 d'estimation du canal.

Pour cela, le procédé utilise l'estimation des statistiques du canal comme il est décrit ci-après.

Estimation de Δ , matrice de covariance du canal estimé

Cette matrice peut être estimée de manière connue de l'Homme
20 du métier, de la façon suivante, en supposant avoir accumulé pendant un nombre M de slots des estimées du canal $\hat{\mathbf{H}}_m$ pour lesquels les temps d'arrivée n'ont pas ou peu évolué. A l'aide de ces estimées, m variant de 1 à M et, en utilisant un principe connu de l'Homme du métier (l'estimateur choisi est le meilleur non biaisé, par exemple), il est possible d'estimer la matrice Δ
25 contenant les statistiques du second ordre de l'estimée du canal.

La matrice Δ est alors estimée par (10)

$$\hat{\Delta} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H$$

Cet estimateur est consistant, dans la mesure où il converge vers
5 la vraie matrice Δ lorsque le nombre d'observations tend vers l'infini.

Estimation de la covariance Γ du canal

Elle s'exprime en tenant compte de la matrice estimée (10)

$$\hat{\Delta} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H$$

et

10 de la matrice estimée de covariance du bruit (11) exprimée sous la forme

$$\frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x$$

où $\hat{\mathbf{R}}_x$ est la matrice de corrélation empirique des observations,

Soit L le nombre d'échantillons du canal à estimer et K le nombre
15 de capteurs, la matrice \mathbf{R}_x est de taille $KL \times KL$. On peut la considérer comme une matrice temporelle de taille $L \times L$ dont les éléments sont des matrices spatiales de taille $K \times K$.

Sur la i ème ligne et la j ème colonne, (i et j variant de 1 à L) de la matrice temporelle, on estime la matrice spatiale ($K \times K$) \mathbf{R}_{xij} par la somme sur
20 n des $\mathbf{x}(n+i)\mathbf{x}(n+j)^H$ ou de manière équivalente des $\mathbf{x}(n+i)\mathbf{x}(n)^H$ ou encore des $\mathbf{x}(n)\mathbf{x}(n+j-i)^H$.

La matrice de covariance du canal est estimée par (12) :

$$\Gamma = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x$$

- 5 \mathbf{R}_x étant un estimateur consistant de la matrice Γ , lorsque le nombre d'observations M tend vers l'infini, cette quantité converge vers Γ .

Estimation de la réponse impulsionnelle du canal de propagation

La réponse impulsionnelle du canal \mathbf{H}_m est alors estimée à nouveau de la matrice de covariance estimée (12), de l'inverse de la matrice
10 de covariance du canal estimé en appliquant par exemple la méthode d'estimation de Wiener ou tout autre méthode permettant d'améliorer une estimée à l'aide de ses statistiques.

On connaît par exemple une première valeur d'estimée $\hat{\mathbf{H}}_m$ pour le canal de propagation \mathbf{H}_m , par exemple celle qui a servi à estimer la
15 covariance du canal estimé et on applique l'estimateur de Wiener, expression (9), pour en déduire la nouvelle valeur estimée $\tilde{\mathbf{H}}_m$ du canal de propagation \mathbf{H}_m (13).

$$\tilde{\mathbf{H}}_m = \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x \right] \Delta^{-1} \hat{\mathbf{H}}_m$$

20

En résumé, les différentes étapes du procédé selon l'invention sont exposées à la figure 3 sous la forme d'un algorithme comportant les étapes suivantes :

- Réception et échantillonnage du signal multi-capteurs, (a)

- Stockage des vecteurs d'observation successifs par exemple dans une mémoire, (b)
- Estimation de la matrice $\hat{\mathbf{R}}_x$, (c)
- Estimation du canal par corrélation du signal avec la séquence d'apprentissage, (d)
- Stockage des estimées successives $\hat{\mathbf{H}}_m$ du canal \mathbf{H}_m , (e)
- Estimation de la matrice Δ , (f)
- Estimation de la matrice Γ , à partir des estimées (c) et (f), et en utilisant l'expression de l'estimée du bruit sous la forme $\frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x$, (g)
- Amélioration des estimées du canal en appliquant par exemple la méthode de Wiener aux estimées (e), (f) et (g).

Le calcul des estimées est réalisé par exemple au moyen d'un microprocesseur programmé en conséquence, ce dernier pouvant aussi être adapté pour exécuter les étapes du procédé selon l'invention.

Le microprocesseur peut être en liaison avec un dispositif de traitement utilisant les valeurs estimées du canal pour réaliser de la démodulation ou de la goniométrie telles que rappelées très brièvement ci-après.

Le procédé décrit précédemment dans le cadre des liaisons descendantes s'applique aussi sans sortir du cadre de l'invention pour des liaisons montantes, i.e des liaisons d'une station mobile vers une station de base.

La figure 4 représente le schéma du démodulateur dans le cas de la liaison montante.

Le mobile émet un unique canal de contrôle, contenant une séquence d'apprentissage pour l'estimation du canal et des informations de signalisation, ainsi qu'un ou plusieurs canaux de données. Les canaux de données sont tous émis à la même puissance soit sur la voie « en phase »,
5 soit sur la voie « en quadrature ». Les symboles transmis sur chaque canal sont des symboles B-PSK (± 1) (Binary Phase Shift Keying).

Il est possible d'adapter le modèle choisi pour la liaison descendante à la liaison montante en considérant le canal de contrôle comme l'utilisateur auquel on s'intéresse, et les canaux de données comme
10 les autres utilisateurs de la cellule. Les autres mobiles émettant vers la même station de base sont traités de la même façon que les autres cellules pour la liaison descendante : ils sont inclus dans le bruit global.

Les étapes du procédé décrites dans le cadre de la liaison descendante s'appliquent avec ces hypothèses.

15 La figure 5 représente un exemple de mise en œuvre d'étapes permettant une réduction de rang des matrices utilisées lors du procédé.

Par exemple les étapes se déroulent de la manière suivante :

- Réception et échantillonnage du signal, (a)
- Estimation du canal de propagation, (d,e)
- 20 • Estimation des paramètres du canal (temps d'arrivée, puissance des trajets,...)
- Construction de la matrice de réduction,
- Réduction des observations et des estimées du canal, en exécutant les étapes précédemment décrites (c) (f) (g) dans le cas normal en utilisant
25 la matrice de réduction,
- Estimation de Wiener du canal réduit

Il est possible d'améliorer à la fois l'efficacité et la complexité de ce procédé en recourant à la réduction de rang de l'espace-canal. Cette technique consiste à paramétrer l'espace-canal à l'aide d'une base
30 orthonormale constituée d'un petit nombre de vecteurs.

En effet, généralement, dans le contexte d'une transmission par canal radio, en raison de la spécularité du canal (nombre de trajets dans le canal restreint), la matrice Γ est dite « de rang déficient », ce qui signifie que les vecteurs \mathbf{H}_m se déduisent d'une combinaison linéaire d'un petit nombre
 5 de vecteurs $\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_P$ formant une base de l'espace-canal. Si ces vecteurs étaient connus, il suffirait alors d'estimer la combinaison linéaire $g_{m,1}, \dots, g_{m,P}$ permettant de reconstruire \mathbf{H}_m par :

$$\mathbf{H}_m = \sum_{p=1}^P g_{m,p} \mathbf{u}_p$$

Regroupons $g_{m,1}, \dots, g_{m,P}$ dans un vecteur \mathbf{g}_m et $\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_P$ dans une matrice
 10 \mathbf{U} . On a alors :

$$\mathbf{H}_m = \mathbf{U} \mathbf{g}_m$$

Le vecteur \mathbf{g}_m est de taille (beaucoup) plus petite que \mathbf{H}_m , il est donc plus simple de mettre en œuvre l'estimateur de Wiener de \mathbf{g}_m que de \mathbf{H}_m . On peut en effet estimer \mathbf{g}_m par :

$$\hat{\mathbf{g}}_m = \mathbf{U}^H \hat{\mathbf{H}}_m$$

Dès lors, on peut estimer les matrices de covariance Λ et Ξ de $\hat{\mathbf{g}}_m$ et de $\hat{\mathbf{U}}^H \mathbf{X}_m$, où \mathbf{X}_m représente le vecteur des observations $[\mathbf{x}_m(0)^H, \dots, \mathbf{x}_m(L)^H]^H$ reçues au slot m . On peut alors estimer la matrice Ω de covariance de \mathbf{g}_m :

$$\hat{\Omega} = \hat{\Lambda} - \frac{1}{NP} \hat{\Xi}$$

et

$$\tilde{\mathbf{g}}_m = \hat{\Omega} \hat{\Xi}^{-1} \hat{\mathbf{g}}_m$$

Dont on déduit une nouvelle estimée du canal :

$$\tilde{\mathbf{H}}_m = \mathbf{U} \tilde{\mathbf{g}}_m$$

En pratique, les vecteurs u_1, \dots, u_p ne sont pas connus, mais on peut les estimer de plusieurs façons :

- Vecteurs propres associés aux plus grandes valeurs propres de la matrice Γ estimée. Cette technique doit être mise en œuvre avec une méthode de détermination du nombre de vecteurs propres à retenir.
- Vecteurs canoniques associés aux plus grandes valeurs de la diagonale de Γ . Cette technique revient à ne conserver que les coefficients du canal dont la puissance dépasse un seuil fixé au préalable. Il n'est pas nécessaire d'estimer entièrement Γ mais uniquement sa diagonale, ce qui est beaucoup plus simple.
- Vecteurs associés au filtre de mise en forme décalés des retards du canal. Cette technique ne peut être mise en œuvre qu'à condition d'avoir préalablement déterminé les retards des différents trajets du canal. Une étape de normalisation est à prévoir.

L'étape de réduction de rang peut être mise en œuvre avant les différentes étapes du procédé selon l'invention ou encore après en fonction des cas d'application.

Le procédé selon l'invention est utilisé par exemple pour démoduler des signaux ou encore pour effectuer de la goniométrie.

Démodulation

La figure 6 représente dans un diagramme taux d'erreur en fonction du rapport signal à bruit, les performances de différents estimateurs.

La courbe (I) correspond à un estimateur classique, obtenu par la méthode de corrélation, la courbe (II) une courbe obtenue en mettant en œuvre les étapes du procédé selon l'invention et la courbe (III) les résultats obtenus en utilisant en plus une étape de réduction de rang de la matrice.

De nombreuses techniques de démodulation reposent sur la connaissance du canal de propagation. Le récepteur RAKE, par exemple, estime le symbole émis à partir de la phase de la quantité :

$$\hat{b}_0(l) = \frac{1}{N_0} \sum_{n=0}^{N_0-1} \sum_{k=0}^L s(lN_0 + n)^* c_0(n) \mathbf{h}(k)^H \mathbf{x}(lN_0 + n + k)$$

5 Lorsqu'on ne connaît pas le canal de propagation, ce qui est toujours le cas en pratique, on recourt à une estimée de ce canal. Sur la figure 4, les performances de notre estimateur (et de sa version à rang réduit) sont comparées à celles de l'estimateur classique pour le récepteur RAKE.

10 Le nouvel estimateur, et plus encore l'estimateur à rang réduit, entraînent un gain important en terme de performances.

Goniométrie coopérative

L'invention s'applique particulièrement bien pour améliorer les mesures de goniométrie.

15 En effet, en goniométrie, on détermine les angles d'arrivée de différents trajets de propagation en estimant le vecteur \mathbf{h} aux différents instants d'arrivée. L'estimation coopérative des temps d'arrivée et des canaux associés se fait au moyen d'une séquence d'apprentissage. Il est donc possible de l'améliorer en mettant en oeuvre le procédé selon

20 l'invention. La précision de l'estimation des angles d'arrivée est directement liée à la qualité de l'estimation de \mathbf{h} . Lorsque le canal estimé est bruité, l'angle mesuré se trouve dans un cône centré sur l'angle réel. Améliorer l'estimation de \mathbf{h} permet de réduire l'écart entre l'angle mesuré et l'angle réel, ce qui améliore la résolution du traitement.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé pour estimer la réponse impulsionnelle h d'un canal de propagation dans un système comportant au moins un ou plusieurs capteurs
 5 caractérisé en ce qu'il comporte au moins une étape d'estimation des statistiques du bruit additif résultant des interférences et du bruit thermique à partir des statistiques du signal reçu.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une
 10 étape d'estimation de la matrice de covariance du bruit à partir de la matrice de covariance empirique des observations R_x et du nombre de chips pilotes d'une séquence d'apprentissage transmise avec le signal, la matrice du bruit s'exprimant sous la forme

$$\frac{1}{N_0 P} \hat{R}_x$$

15

3 - Procédé selon l'une des revendications 1 et 2 caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'estimation de la matrice de covariance du canal estimée sous la forme

$$\Gamma = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{H}_m \hat{H}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{R}_x$$

20

4 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'estimation de la réponse impulsionnelle du canal de propagation utilise une méthode de Wiener et en ce que la réponse impulsionnelle du canal est égale à

25

$$\tilde{H}_m = \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{H}_m \hat{H}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{R}_x \right] \Delta^{-1} \hat{H}_m$$

5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'espace-canal est paramétré à l'aide d'une base orthonormale constituée d'un nombre de vecteurs donné u_1, u_2, \dots, u_p .

6 – Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que les vecteurs u_1, u_2, \dots, u_p correspondent aux vecteurs propres associés aux plus grandes valeurs propres de la matrice estimée Γ .

5

7 – Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que les vecteurs u_1, u_2, \dots, u_p sont des vecteurs canoniques associés aux positions des plus grandes valeurs de la diagonale de la matrice Γ .

10 8 – Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que les vecteurs u_1, u_2, \dots, u_p sont formés à partir de versions échantillonnées du filtre de mise en forme, décalées des retards de propagation du canal, estimés au préalable, et normalisées.

15 9 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 pour estimer la réponse impulsionnelle d'un canal de propagation dans le domaine de l'UMTS pour des liaisons montantes et/ou des liaisons descendantes entre une station de base et un ou plusieurs mobiles.

20 10 – Dispositif d'émission et/ou de réception adapté pour estimer la réponse impulsionnelle d'un canal de propagation caractérisé en ce qu'il comporte un ou plusieurs capteurs de réception d'un signal, un moyen pour échantillonner le signal reçu, un moyen adapté à estimer le bruit à partir des statistiques du canal.

25

11 – Récepteur selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'il comporte un moyen adapté à estimer le bruit à partir de la matrice de covariance empirique des observations \hat{R}_x et du nombre de chips pilote d'une séquence d'apprentissage transmise avec le signal, la matrice du bruit

s'exprimant sous la forme

$$\frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x$$

- 12 – Récepteur selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'il comporte un
5 moyen adapté à déterminer la réponse impulsionnelle du canal sous la forme

$$\tilde{\mathbf{H}}_m = \left[\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{\mathbf{H}}_m \hat{\mathbf{H}}_m^H - \frac{1}{N_0 P} \hat{\mathbf{R}}_x \right] \Delta^{-1} \hat{\mathbf{H}}_m$$

- 13 – Récepteur selon l'une des revendications 11 et 12 appliqué dans le
domaine de l'UMTS.

1/5

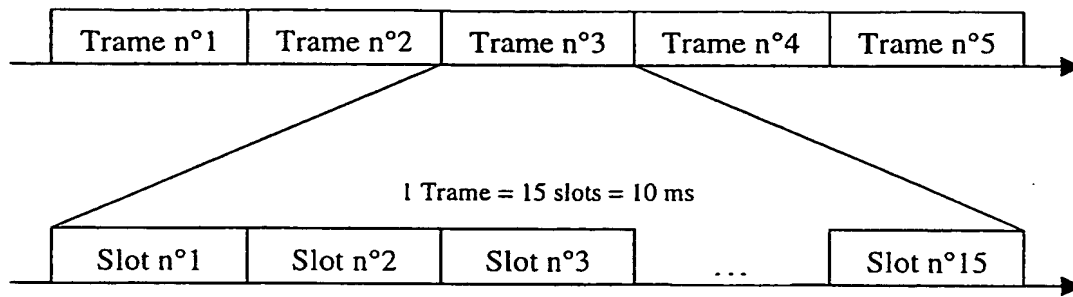


Figure 1

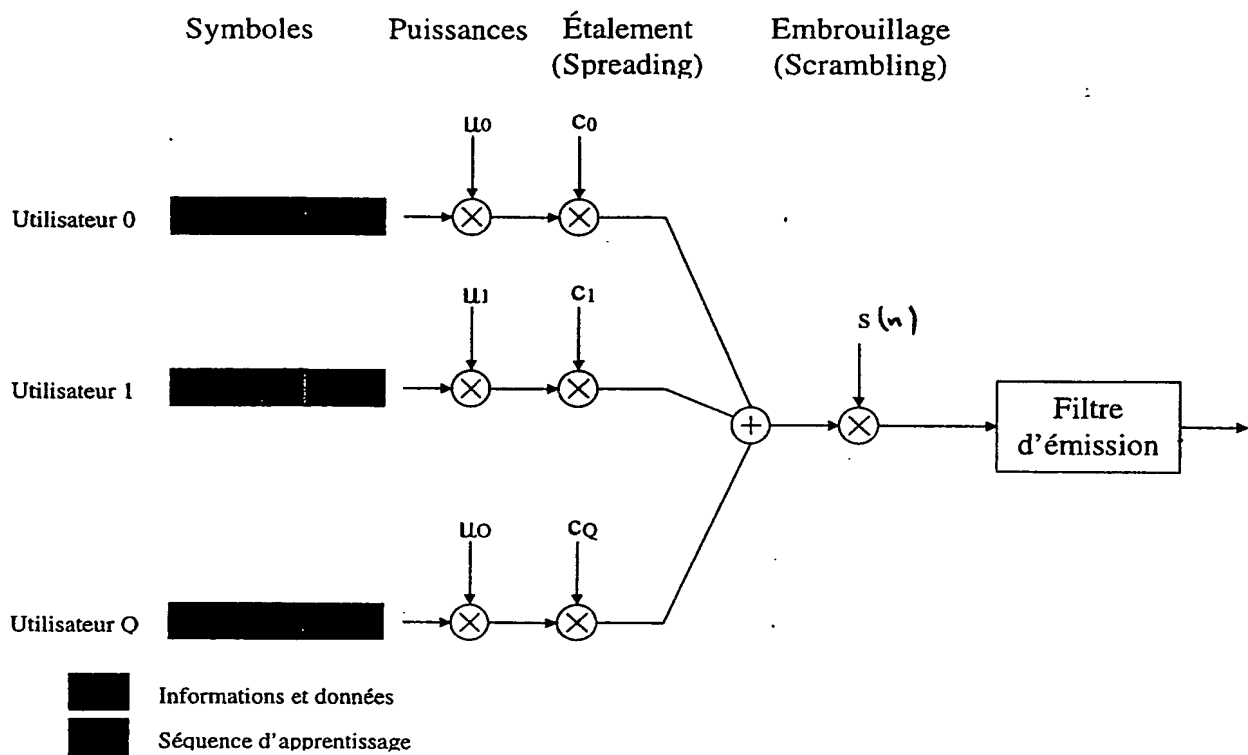


Figure 2

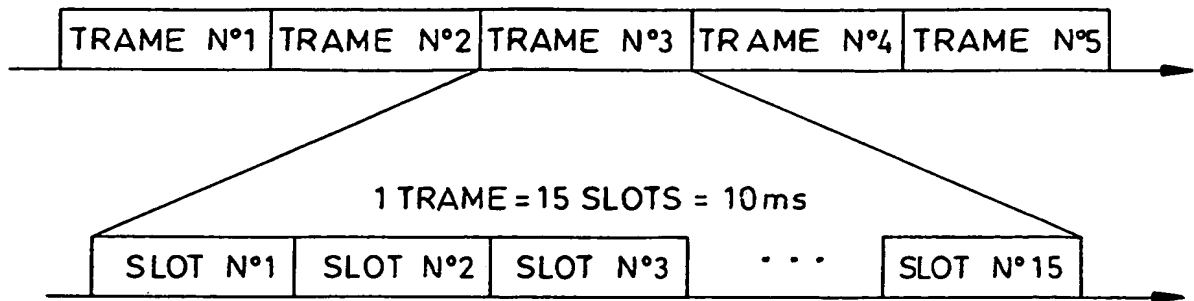


FIG.1

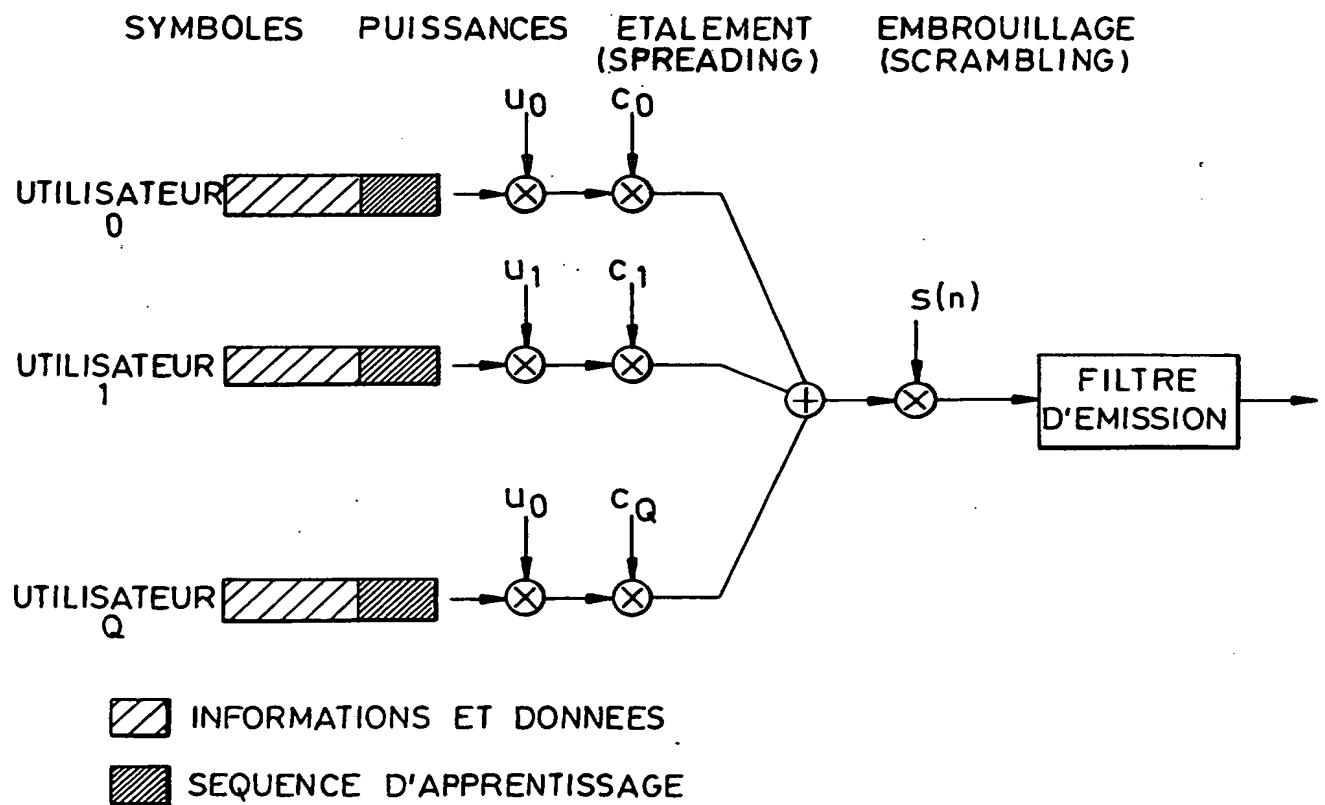


FIG.2

2/5

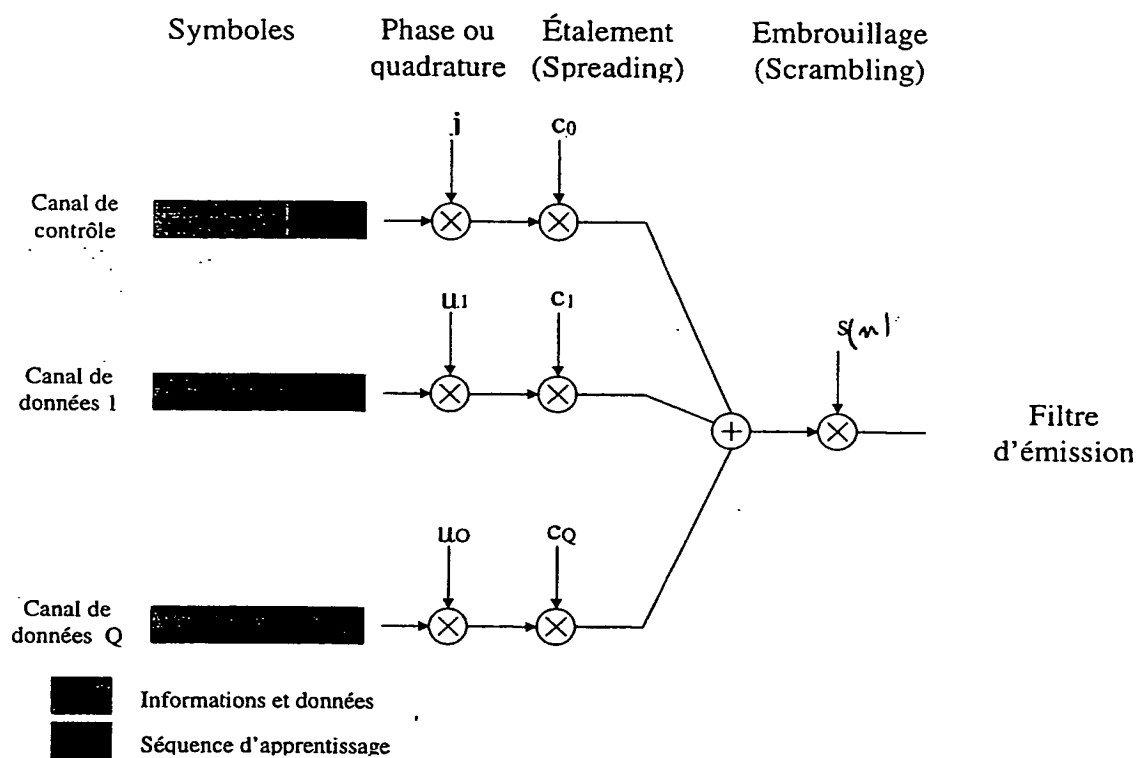


Figure 3

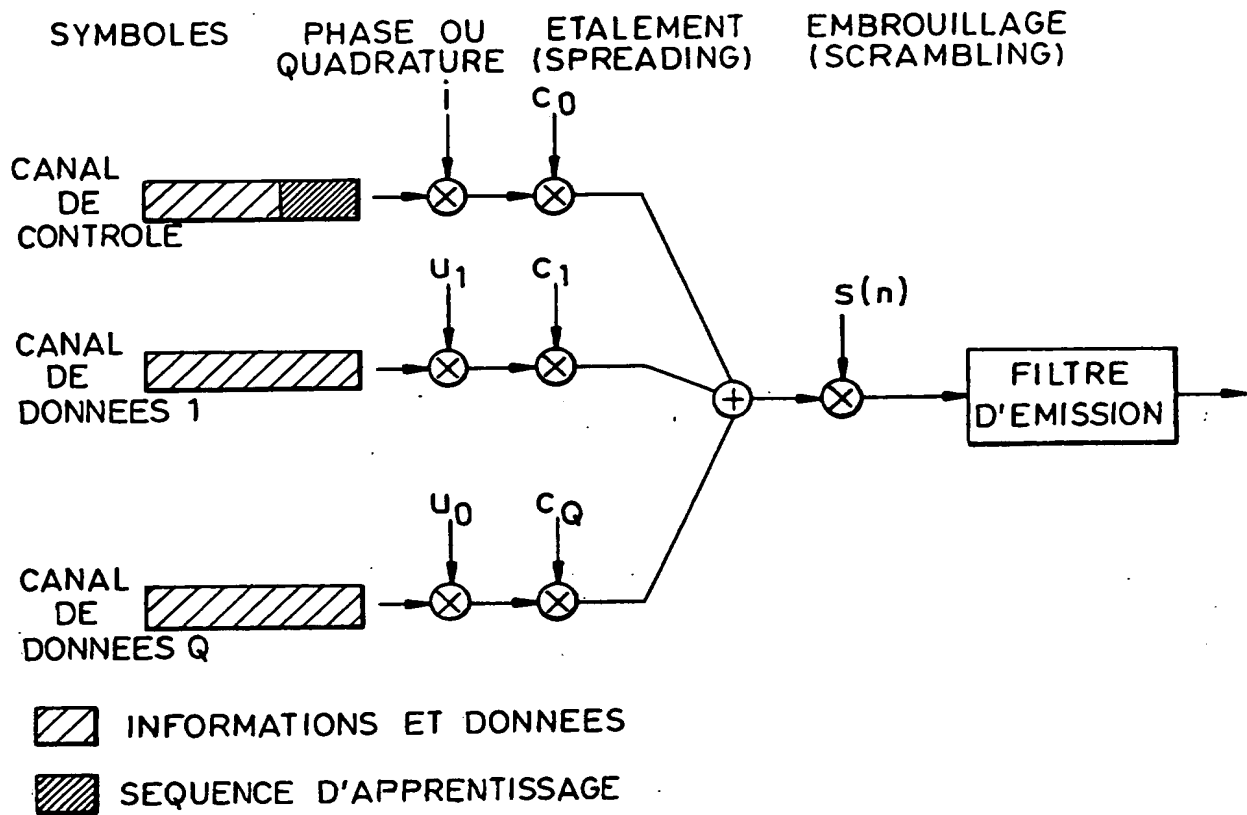


FIG.3

3/5

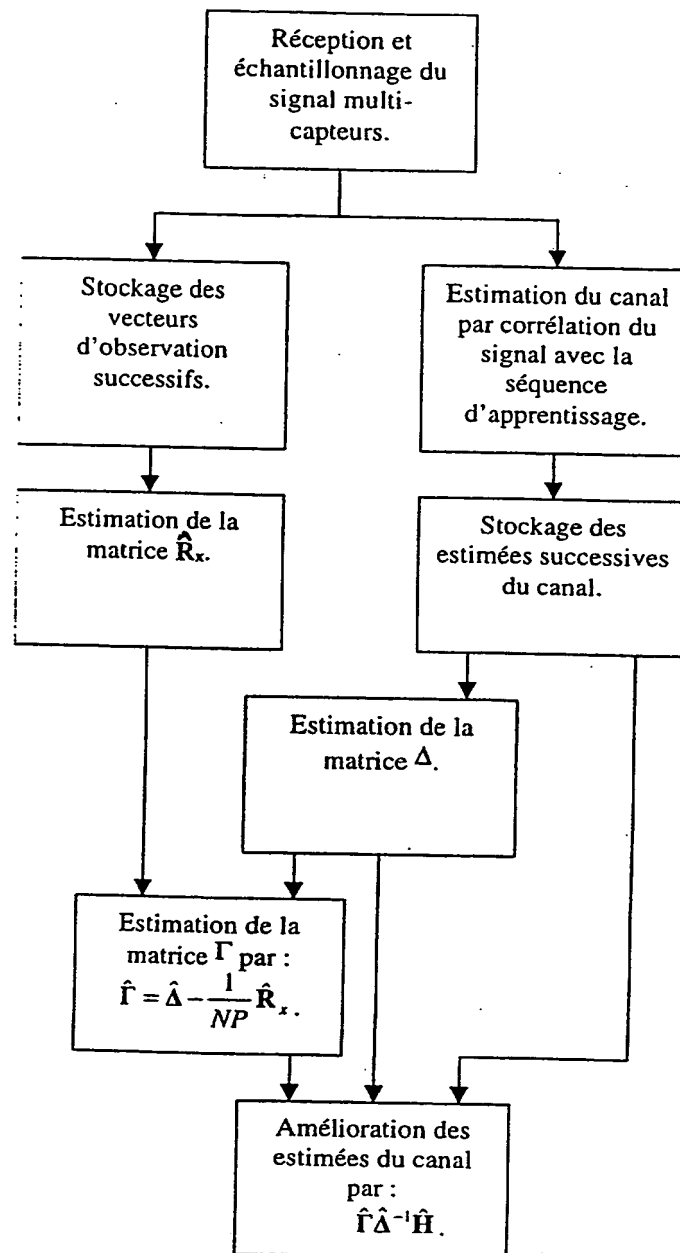


Figure 4

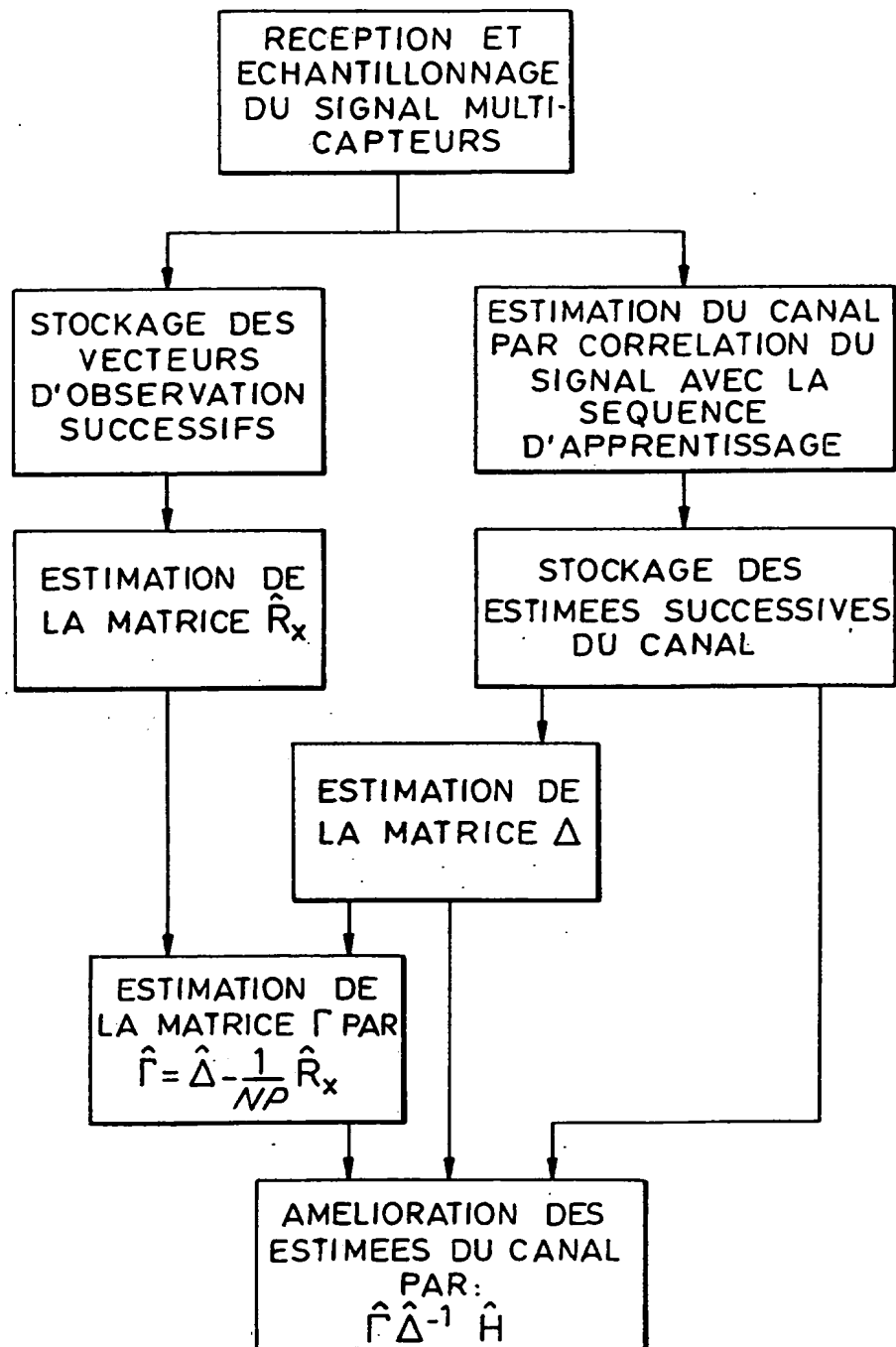


FIG.4

4/5

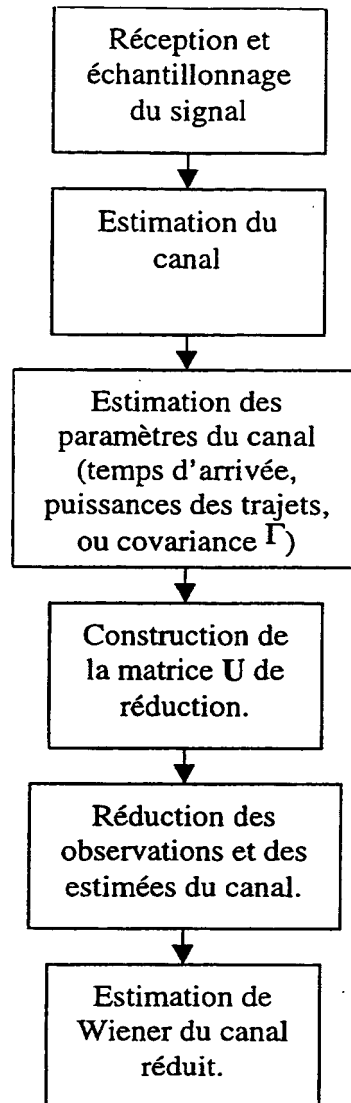


Figure 5

4/5

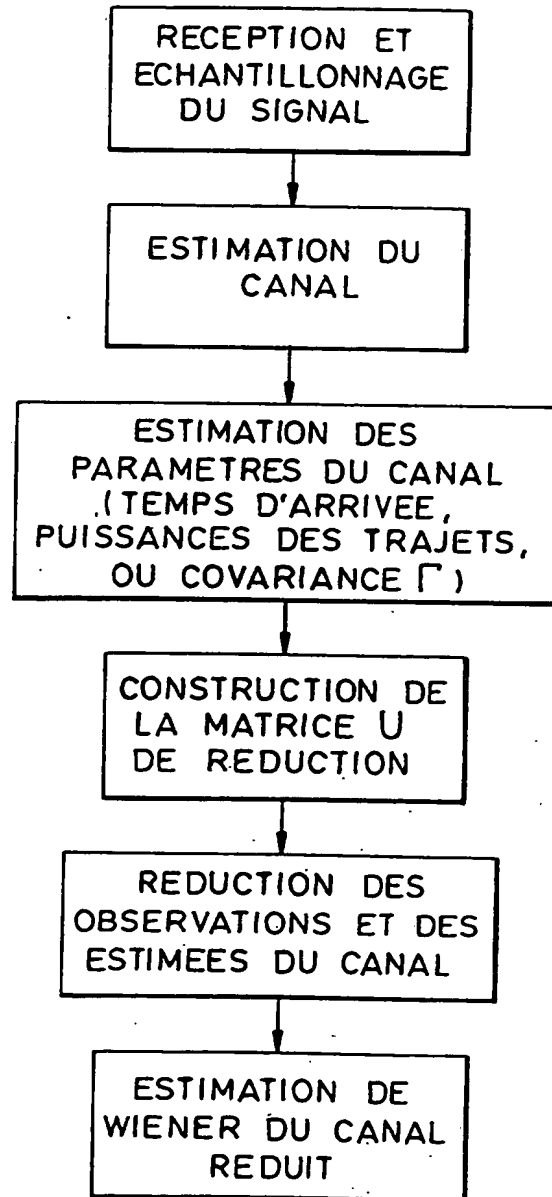


FIG.5

5/5

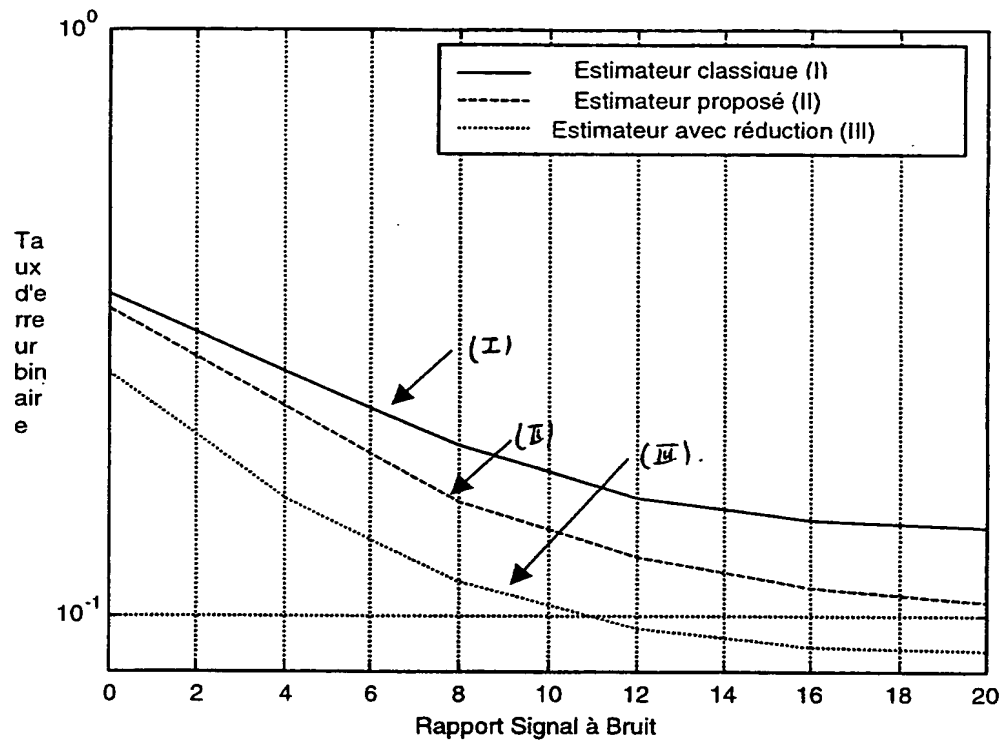


Figure 6

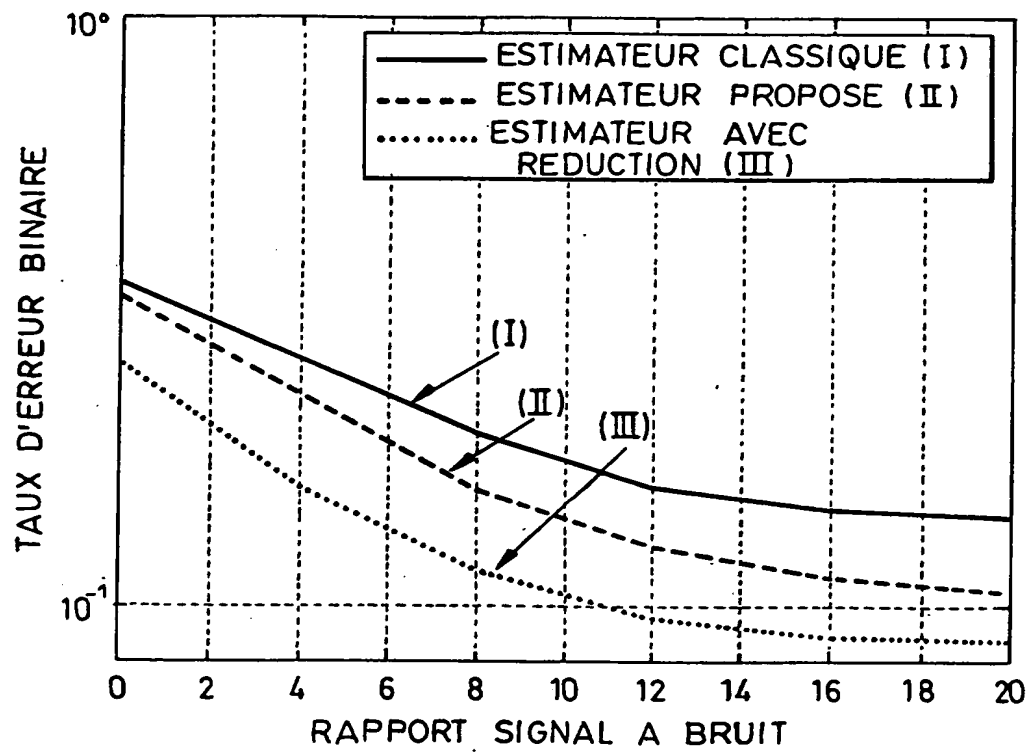


FIG. 6

This Page Blank (uspto)

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62410	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0102653	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF D'ESTIMATION D'UN CANAL DE PROPAGATION A PARTIR DE SES STATISTIQUES.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : THOMSON-CSF			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		CHEVALIER	
Prénoms		Pascal	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		CHAUFRAY	
Prénoms		Jean-Marie	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LOUBATON	
Prénoms		Philippe	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Isabelle DUDOUIT			

This Page Blank (uspto)



22850

(703) 413-3000

Serial Number: 10/083,127
Filing Date: 2/27/02